

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-245300

(43)Date of publication of application : 02.09.1994

(51)Int.Cl. H04S 1/00  
 G10K 15/00  
 H03G 5/16  
 H03H 17/02  
 H03H 21/00  
 H04R 1/40  
 // G06F 15/31

(21)Application number : 05-268307

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 30.09.1993

(72)Inventor : TANAKA YOSHIAKI  
 HAYASHI HIROSHI  
 FUCHIGAMI NORIHIKO  
 NAKAYAMA MASAHIRO  
 SUZUKI TAKUMA  
 MATSUMOTO MITSUO

(30)Priority

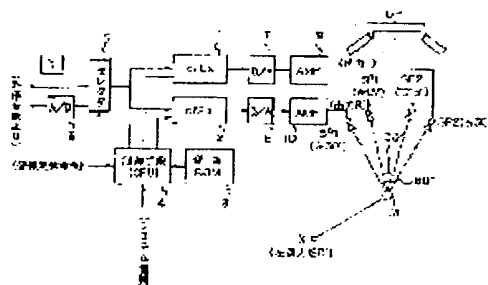
Priority number : 04356358 Priority date : 21.12.1992 Priority country : JP

## (54) SOUND IMAGE LOCALIZATION CONTROLLER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a sound image localization controller in which a listener M (operator) senses as if a sound image localized at an optional desired position in the sound field reproduction of a game machine or the like.

CONSTITUTION: The sound image controller is formed by a couple of convolvers 1, 2 applying convolution arithmetic operation processing to a signal from a same sound source (X), a storage means 3 retaining a coefficient group (impulse response) for cancel filtering use at each sound image localized position, and a coefficient supply means 4 supplying a coefficient corresponding to the designated sound image localized position to the convolvers. Then a signal subjected to convolution arithmetic operation processing by the convolvers 1, 2 is reproduced by a couple of speakers sp1, sp2. Thus, a listener (M) senses as if the sound image were localized at an optional position (x) by varying the coefficient set to the convolvers 1, 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.09.1996

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 4 S 1/00	K	8421-5H		
G 1 0 K 15/00				
H 0 3 G 5/16	A	9067-5J		
H 0 3 H 17/02	L	7037-5J		
		9381-5H		
			G 1 0 K 15/ 00	M
審査請求 未請求 請求項の数 8 FD (全 13 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平5-268307

(22)出願日 平成5年(1993)9月30日

(31)優先権主張番号 特願平4-356358

(32)優先日 平4(1992)12月21日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(72)発明者 田中 美昭

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

(72)発明者 林 宏

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

(72)発明者 洲上 徳彦

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

最終頁に続く

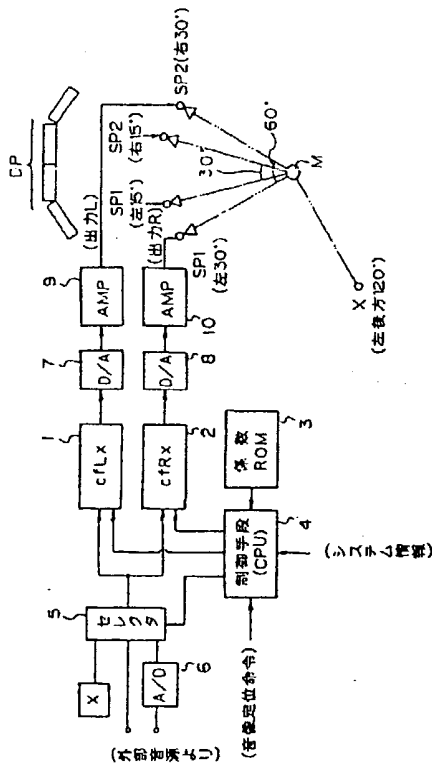
(54)【発明の名称】 音像定位制御装置

## (57)【要約】

【目的】 ゲーム機などでの音場再生において、聴取者M(操作者)に所望の任意の位置に音像が定位しているように感じさせる音像定位制御装置を提供する。

【構成】 同一の音源(X)からの信号を畳み込み演算処理する一対のコンボルバ1,2と、各音像定位位置におけるキャンセルフィルタ用の係数群(インパルス応答)を保持する記憶手段3と、指定された音像定位位置に対応した係数をコンボルバに供給設定する係数供給手段4とから音像定位制御装置を構成する。そして、コンボルバで畳み込み演算処理した信号を一対のスピーカs p 1, s p 2で再生する。コンボルバに設定する係数を変えることにより、聴取者(M)に対して任意の位置

(x)に音像が定位しているように感じさせることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 離間して配設された一対のトランスジューサから、同一の音源が供給された一対のコンボルバで処理した信号を再生して、聴取者に前記一対のトランスジューサとは異なる任意の位置に音像が定位しているように感じさせる音像定位制御装置であって、同一の音源からの信号を、設定された係数に応じて畳み込み演算処理する一対のコンボルバと、各音像定位位置において測定された頭部伝達関数をもとにして、所定の長さに収束処理され、かつ、所定のレベルにスケール処理されて、インパルス応答として算出されたキャンセルフィルタ用係数群を保持する記憶手段と、指定された音像定位位置に対応した係数を、前記記憶手段から前記一対のコンボルバに供給する係数供給手段とからなることを特徴とする音像定位制御装置。

【請求項2】 離間して配設された一対のトランスジューサから、同一の音源が供給された一対のコンボルバで処理した信号を再生して、聴取者に前記一対のトランスジューサとは異なる任意の位置に音像が定位しているように感じさせる音像定位制御装置であって、同一の音源からの信号を、設定された係数に応じて畳み込み演算処理する一対のコンボルバと、各音像定位位置において測定された頭部伝達関数をもとにして、所定の長さに収束処理され、かつ、所定のレベルにスケール処理されて、インパルス応答として算出されたキャンセルフィルタ用係数群を保持する記憶手段と、指定された音源を、複数の音源から選択して前記一対のコンボルバに供給する音源選択手段と、指定された音像定位位置に対応した係数を、前記記憶手段から前記一対のコンボルバに供給する係数供給手段とからなることを特徴とする音像定位制御装置。

【請求項3】 キャンセルフィルタ用係数群が保持される記憶手段を読み書き自在な記憶手段で構成して、外部から係数群を記憶手段に転送するように構成したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載した音像定位制御装置。

【請求項4】 システム構成される音像定位制御装置のシステム情報を入力する手段を有し、構成されたシステムに応じた係数群を選択して音像定位制御するようにしたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載した音像定位制御装置。

【請求項5】 ゲイン調整手段を有し、同一音源からの信号をゲインコントロールして一対のコンボルバに供給するようにしたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載した音像定位制御装置。

【請求項6】 一対のコンボルバを複数組設けたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載した音像定位制御装置。

【請求項7】 一対のコンボルバで処理された信号を加算する加算手段を有し、加算信号を補助用のトランスジューサから再生するように構成したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載した音像定位制御装置。

【請求項8】 一対のコンボルバをそれぞれ複数のコンボルバで構成すると共に、前記複数のコンボルバを用いてクロスフェード処理する手段を設けたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載した音像定位制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、実際のトランスジューサ（スピーカ）とは異なる所望の任意の位置に音像が定位しているように感じさせる音像定位制御装置に係り、特に、アミューズメントゲーム機やコンピュータ端末機などにも搭載可能な、音像定位感に優れ、かつ、回路規模が小さい音像定位制御装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、両耳における信号のレベル差と位相差（時間差）によって特定位置（特定方向）に音源を感じさせる音像定位方法がある。この音像定位方法を、デジタル回路により実現したものとして、例えば、特開平2-298200号公報記載の「音像形成方法及びその装置」がある。このデジタル回路を用いた音像定位装置は、音源からの信号をFFT（Fast Fourier Transform）変換して、周波数軸上で処理し、左右の両チャンネル信号に周波数に依存したレベル差と位相差とを与えて音像の定位をデジタル的に制御するものである。この装置の各音像定位位置における、周波数に依存したレベル差と位相差とは、実際の聴取者を利用した実験的なデータとして収集されたものである。しかし、この音像定位装置により、正確・精密に音像を定位させようとする、回路規模が大きくなるので、特殊な業務用のレコーディングシステムとして利用されるにすぎなかった。レコーディングの段階で音像定位の処理（例えば飛行音の移動）をして、その処理した結果の音（音楽）信号をレコード化していた。処理された信号は、通常のステレオ再生装置で再生することにより、音像の移動効果が生じる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、最近では、バーチャルリアリティ（仮想現実感）を利用したアミューズメントゲーム機やコンピュータ端末機が出現している。これらゲーム機や端末機においても、画面に応じた現実感のある音像定位が要求され始めている。例えばゲーム機において、画面上の飛行機の動きにマッチした飛行音の動きが必要とされ始めている。この場合、飛行機の飛ぶコースが決っていれば、予めその動きに合わせて音像の移動処理をした音（音楽）を入れておき、ゲーム機側ではその音（音楽）を単純に再生すれば、足りる。

【0004】しかし、ゲーム機（や端末機）においては、操作者の操作に応じて、飛行機の飛ぶコース（位置）が異なることになり、操作に応じてリアルタイムで操作に合った音像の移動処理をして、それを再生する必要が生じる。この点が、前述したレコード用の音像定位処理と大幅に異なる。このため、個々のゲーム機に音像定位装置が必要となるが、上述した従来の装置では、音源からの信号をFFT変換して、周波数軸上で処理して再び逆FFT変換して再生する必要があるため、回路規模が大きくなりやすい。また、従来の装置では、周波数軸上のデータ（周波数に依存したレベル差と位相差の伝達特性）にもとづく音像定位であったので、HRTF

（頭部伝達関数）の近似が正確に実施し得ず、必要な音像定位位置のすべて（360度分）について、その伝達特性を保有させることができなかった。

【0005】すなわち、特開平4-242684号公報記載の「対話型ビデオゲーム装置」のように、3時方向と9時方向（正面から左右に90度の位置方向）とに、音像定位させるための伝達特性（係数）のみを準備して、正面位置での再生音と3時方向（または9時の方向）での定位再生音とを実質的にパンポット処理して、音像定位させていた（すなわち、両者のミキシング割合を変えて、中間位置に定位させていた）。しかし、このような簡易な処理では、180度の範囲を越える広範囲な空間に（特に、後方に）音像定位させることが困難であり、その音像定位感も曖昧なものにすぎなかった。

【0006】そこで、本発明はかかる従来の上記問題点に鑑みてなされたもので、回路規模が小さくコスト的に優れるとともに、180度の範囲を越える広範囲な空間に定位させることが可能で、かつ音像定位感に優れた音像定位制御装置を提供するものである。その特徴は、第1に、一対のコンボルバにより音源からの信号を時間軸上で処理して音像を定位させるように構成した点にあり、これにより、回路規模が非常に小さくなり民生用あるいは業務用のゲーム機などに搭載することが可能である。さらに、第2に、音像定位用の伝達特性（コンボルバの係数）を、最終的に時間軸上のIR（インパルス応答）のデータとして音像処理するように構成した点にあり、これにより、音像定位感を損なうことなくHRTFを正確に近似処理して、コンボルバの係数の長さを短くした。第3に、長さが短くなったコンボルバの係数を、全ての（360度にわたる）音像定位位置の伝達特性として備えて、指定された音像定位位置に応じて係数をコンボルバに供給設定して、音像定位処理するようにしたことである。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するために、図1に示すように、離間して配設された一対のトランスジューサ（スピーカsp1, sp2）から、同一の音源（X）が供給された一対のコンボルバ

（係数がcfLx, cfRxであるキャンセルフィルタからなる畳み込み演算処理回路）で処理した信号を再生して、聴取者（M）に前記一対のトランスジューサとは異なる任意の位置（x）に音像が定位しているように感じさせる音像定位制御装置であって、同一の音源からの信号を、設定された係数に応じて畳み込み演算処理する一対のコンボルバ1, 2と、各音像定位位置において測定された頭部伝達関数をもとにして、所定の長さに収束処理され、かつ、所定のレベルにスケージング処理されて、インパルス応答として算出されたキャンセルフィルタ用の係数群（cfLx, cfRx）を保持する記憶手段（係数ROM）3と、指定された音像定位位置に対応した係数を、前記記憶手段から前記一対のコンボルバに供給する係数供給手段（制御手段）4とからなることを特徴とする音像定位制御装置を提供するものである。

#### 【0008】

【作用】上記のような音像定位制御装置によれば、指定された音像定位位置に対応した係数が、一対のコンボルバ1, 2に供給設定される。音源（X）からの信号は、一対のコンボルバにより、設定された係数に応じて時間軸上で畳み込み演算処理がなされて、離間して配設された一対のトランスジューサ（スピーカsp1, sp2）から再生される。一対のトランスジューサから再生された音は、両耳へのクロストークがキャンセルされて、所望の任意の位置（x）に音源があるように音像定位して、聴取者（例えば、ゲーム操作者）Mに、聞かれる。

#### 【0009】

【実施例】本発明になる音像定位制御装置の一実施例について、以下図面と共に説明する。最初に、音像定位制御の方法の基本原則について説明する。これは、離間して配設された一対のトランスジューサ（以下、スピーカを例として説明する）を使用し、空間の任意の位置に音像を定位させる技術である。

【0010】図6は音像定位の原理図である。sp1, sp2は受聴者（実施例の中では、聴取者と称することもある）の前方左右に配置されるスピーカであり、スピーカsp1から聴取者左耳までの頭部伝達特性（インパルス応答）をh1L、右耳までの頭部伝達特性をh1R、スピーカsp2から左右耳までの頭部伝達特性をh2L, h2Rとする。また、目的とする定位位置xに実際のスピーカを配置したときの受聴者左右耳までの頭部伝達特性をpLx, pRxとする。ここで各伝達特性は音響空間にスピーカと、ダミーヘッド（または人頭）の両耳位置にマイクとを配置して実際に測定し、適切な波形処理などを施したものである。

【0011】次に、定位させたい音源（ソース）Xを信号変換装置cfLx, cfRx（コンボルバなどによる伝達特性）に通して得られる信号を、それぞれスピーカsp1, sp2で再生することを考える。このとき受聴者左右耳に得られる信号をeL, eRとすると、

5

$$eL = h1L \cdot cfLx \cdot X + h2L \cdot cfRx \cdot X \quad (式1)$$

$$eR = h1R \cdot cfLx \cdot X + h2R \cdot cfRx \cdot X \quad (式2)$$

一方、音源Xを目的の定位位置から再生したときに受聴

者左右耳に得られる信号をdL, dRとすると、

$$dL = pLx \cdot X \quad (式3)$$

$$dR = pRx \cdot X \quad (式4)$$

【0012】ここで、スピーカsp1, sp2の再生により受聴者左右耳に得られる信号が、目的位置から音源を再生したときの信号に一致すれば、受聴者はあたかも\*

\*目的位置にスピーカが存在するように音像を認識することとなる。この条件 $eL = dL$ ,  $eR = dR$ と(式1), (式2)より、Xを消去して

$$h1L \cdot cfLx + h2L \cdot cfRx = pLx \quad (式3)$$

$$h1R \cdot cfLx + h2R \cdot cfRx = pRx \quad (式4)$$

(式3) から $cfLx$ ,  $cfRx$ を求めると

$$cfLx = (h2R \cdot pLx - h2L \cdot pRx) / H \quad (式4a)$$

$$cfRx = (-h1R \cdot pLx + h1L \cdot pRx) / H \quad (式5)$$

$$\text{ただし、} H = h1L \cdot h2R - h2L \cdot h1R \quad (式6)$$

【0013】したがって、(式4a), (式4b)により算出した伝達特性 $cfLx$ ,  $cfRx$ を用いてコンボルバ(畳み込み演算処理回路)等により定位させたい信号を処理すれば、目的の位置xに音像を定位させることができる。具体的な信号変換装置の実現方法は様々考えられるが、非対称なFIR(Finite Impulse Response)型デジタルフィルタ(コンボルバ)として、DSP(Digital Signal Processor)を用いて実現すれば良い。なお、FIR型デジタルフィルタで用いる場合の最終の伝達特性は、時間応答関数である。つまり、必要な定位位置xにおける伝達特性 $cfLx$ ,  $cfRx$ として、(式4a), (式4b)で求めたものを、1回のFIRフィルタ処理により実現するための係数として、 $cfLx$ ,  $cfRx$ の係数をあらかじめ作成し、ROMのデータとして準備しておく。ROMから必要な音像定位位置の係数をFIRデジタルフィルタに転送し、音源からの信号を畳み込み演算処理して一対のスピーカから再生すれば、所望の任意の位置に音像が定位されることになる。

【0014】以上のような原理に基づく音像定位制御装置における伝達特性(係数 $cfLx$ ,  $cfRx$ )の算出(ステップ①~⑤)について、図7~図9を参照して詳述する。①頭部伝達関数(Head Related Transfer Function; 以下、HRTFと称する)の測定

図7は、HRTFの測定システムを示すものである。ダミーヘッド(または人頭)DMの両耳に一対マイクロホンML, MRを設置し、スピーカSPからの測定音を受け、録音器DATにソース音(リファレンスデータ)refL, refRと被測定音(測定データ)L, Rを同期して記録する。ソース音XHとしては、インパルス音、ホワイトノイズ、その他のノイズ等を用いることができる。上記スピーカSPの位置を、正面を0度(°)として取決めた空間内の複数の角度θ(例えば、図8に示すように、30度ごとに12ポイント)に設置し、それぞれ所定の時間だけ、連続的に記録する。

【0015】②HRTFのインパルス応答(Impulse Response; 以下、IRと称する)の算出  
前記した測定で、同期して記録されたソース音(リファレンスデータ)refL, refRと被測定音(測定データ)L, Rとを、ワークステーション(図示せず)上で処理する。ソース音(リファレンスデータ)の周波数応答をX(S)、被測定音(測定データ)の周波数応答をY(S)、測定位置におけるHRTFの周波数応答をIR(S)とすると、(式5)に示す、入出力の関係がある。

$$Y(S) = IR(S) \cdot X(S) \quad (式5)$$

したがって、HRTFの周波数応答をIR(S)は、

$$IR(S) = Y(S) / X(S) \quad (式6)$$

である。

【0016】よって、リファレンスの周波数応答X(S)、測定データの周波数応答Y(S)として、前記①で求めたデータを時間同期した窓で切り出し、それぞれFFT変換により有限のフーリエ級数展開して離散周波数として計算してから、(式6)により、HRTFの周波数応答IR(S)を、周知の計算方法で求める。この場合、IR(S)の精度をあげる(S/N比の向上)ために時間的に異なる数百個の窓に対してそれぞれIR(S)を計算し、それらを平均化する。そして、計算し

たHRTFの周波数応答IR(S)を逆FFT変換して、HRTFの時間軸応答(インパルス応答)IR(第1のIR)とする。

【0017】③IR(インパルス応答)の整形処理  
ここで、前記②で求めたIRを整形する。まず例えばFFT変換により、求めた第1のIRをオーディオスペクトラムにわたる離散周波数で展開し、不要な帯域(高域には大きなディップが生じるが、これは音像定位にあまり影響しない不要なものである)を、BPF(バンドパスフィルタ)で除去する。このように帯域制限すると、

周波数軸上での不要なピークやディップが除去されて、キャンセルフィルタに不要な係数が生じなくなるので、収束性がよくなり、係数を短くすることができる。そして、帯域制限されたIR(S)を逆FFT変換して、IR(インパルス応答)を時間軸上で切り出し窓(例えば、コサイン関数の窓)を掛けて、ウィンド処理する(第2のIRとなる)。ウィンド処理することにより、\*

$$cfLx = (h2R \cdot pLx - h2L \cdot pRx) / H \quad (式4a)$$

$$cfRx = (-h1R \cdot pLx + h1L \cdot pRx) / H \quad (式4b)$$

$$\text{ただし、} H = h1L \cdot h2R - h2L \cdot h1R$$

である。

【0019】ここで、配置されるスピーカspl, sp2による頭部伝達特性h1L, h1R, h2L, h2R及び、目的とする定位位置xに実際のスピーカを配置したときの頭部伝達特性pLx, pRxとして、前記①～③によって求められた、各角度θごとの整形処理された第2のIR(インパルス応答)を代入する。頭部伝達特性h1L, h1Rは、図9のLチャンネルスピーカの位置に対応するもので、正面から左に例えば30度(θ=330度)に設置されるとすれば、θ=330度のIRを用いる。頭部伝達特性h2R, h2Lは、同図のRチャンネルスピーカの位置に対応するもので、正面から右に例えば30度(θ=30度)に設置されるとすれば、θ=30度のIRを用いる(すなわち、実際の音像再生時のシステム(例えば図1に示す)に近いものを選ぶ)。

【0020】そして、頭部伝達特性pLx, pRxとしては、目的とする音源定位位置である正面から左右90度の180度の範囲はもちろんのこと、それを越える広範囲な空間(全空間)における、30度ごとのIRを代入することにより、それに対応した全空間のcfLx, cfRx、すなわち30度ごとに12組のキャンセルフィルタcfLx, cfRx群が求められる(図9では、240度の位置を例としている)。キャンセルフィルタcfLx, cfRx群は、最終的には、時間軸上の応答であるIR(インパルス応答)として求められる。また、キャンセルフィルタcfLx, cfRxの係数を短くするには、各頭部伝達特性h1L, h1R, h2L, pRx, pLx, h2Rをそれぞれ短くすることが必要である。このため、前記①～③で説明したように、ウィンド処理、整形処理などの各種の収束処理をして、各頭部伝達特性h1L, h1R, h2L, pRx, pLx, h2Rを短くしている。なお、キャンセルフィルタの係数cfLx, cfRxをFFT変換して周波数応答を求めこれを一定の幅で移動平均化し、それを逆FFT変換して最終的なキャンセルフィルタの時間応答を得てもよい。このように移動平均化することにより、不必要なピークやディップを取り除くことができ、実現すべき時間応答の収束を早めて、キャンセルフィルタの規模を小さくできる。

\*IRの有効長が長くなり、キャンセルフィルタの収束性が向上して、音質の劣化が生じないようになる。

【0018】④各音像定位位置におけるキャンセルフィルタcfLx, cfRxの算出コンボルバ(たたみ込み積分回路)であるキャンセルフィルタcfLx, cfRxは、前述した(式4a)及び(式4b)に示したように、

$$(式4a)$$

$$(式4b)$$

【0021】⑤キャンセルフィルタのスケールリング

また、実際にコンボルバ(キャンセルフィルタ)で音像処理される音源(ソース音)のスペクトラム分布は、統計的にみるとピンクノイズのように分布するもの、あるいは高域でなだらかに下がるものなどがある。いずれにしても音源は単一音とは異なるために、畳み込み演算処理(積分)を行ったときオーバーフローして、歪が発生する危険がある。そこで、オーバーフローを防止するため、キャンセルフィルタcfLx, cfRxの係数の中で最大のゲイン(例えば、キャンセルフィルタcfLx, cfRxの各サンプル値の2乗和)のものを見つけ、その係数と0dbのホワイトノイズを畳み込んだときに、オーバーフローが生じないように、全係数をスケールリングする。さらに、ウィンド窓(コサイン窓)により、実際のコンボルバの係数の数にあわせて、両端が0となるように、ウィンド処理し、係数の有効長を短くする。このようにしてスケールリング処理されて、最終的にコンボルバに係数として供給されるデータ群(この例では、30度ごとに音像定位が可能な12組のコンボルバの係数群)cfLx, cfRxが求まる。

【0022】次に、本発明の要部である音像定位制御装置の構成及びこれを利用したシステム構成について、図1～図5を参照して詳述する。この音像定位制御装置は、前記①～⑤により算出された係数cfLx, cfRxで、音源からの信号を畳み込み演算して再生するものである。

【0023】(実施例1)図1は、この音像定位制御装置の基本的な構成を示すものである。音像定位制御装置は、音源からの信号を時間軸上で畳み込み演算処理する一対のコンボルバ(畳み込み演算処理回路、なお実施例2参照)1, 2と、前記した①～⑤により算出された30度ごとの12組のコンボルバの係数群cfLx, cfRxが記憶された係数ROM3と、音像定位命令にもとづいて係数ROM3から所望の定位位置の係数を前記一対のコンボルバ1, 2に転送する制御手段(CPUからなる係数供給手段)4とから大略構成されている。

【0024】そして、この音像定位制御装置は、同一(共通)な音源からの信号を一対のコンボルバ1, 2で畳み込み演算処理し、聴取者Mを中心として所定の開き角で離間して配設された一対のスピーカspl, sp2

から再生するように、システム構成されている。スピーカ  $sp1$ ,  $sp2$  の開き角は、コンボルバの係数算出時に基準とした開き角であり、本実施例では、左右に30度づつ、60度の開き角を有する(前記した図9参照)。また、音源(例えば、ゲーム用シンセサイザX)からのデジタル信号はセクタ(音源選択手段)5を介して前記コンボルバ1, 2に入力され、アナログ信号の場合にはA/D変換器6でデジタル変換されて入力されるように構成されている。コンボルバ1, 2で畳み込み演算処理された信号は、D/A変換器7, 8でアナログ信号にされ、アンプ9, 10で増幅されて前記一対のスピーカ  $sp1$ ,  $sp2$  から再生される。

【0025】このように構成された音像定位制御システムでは、ゲーム機などのメインCPUからの音像定位命令(例えば、飛行音を左後方120度( $\theta=240$ 度)から出せという、音源の選択と音像の定位位置の命令)に従って、前記制御手段4は音源Xからの信号をセクタ(音源選択手段)5で選択し、さらに音像定位位置に対応した係数  $cfLx$ ,  $cfRx$  (左後方120度( $\theta=240$ 度)の位置に音像定位させたい時は、 $\theta=240$ 度の係数)をROM3から読み出して、コンボルバ1, 2に供給設定する。

【0026】コンボルバ1, 2は、同一音源Xからの信号(飛行音)を、設定された係数( $\theta=240$ 度の係数)に応じて時間軸上で畳み込み演算処理する。畳み込み演算処理された信号は、離間して配設された一対のスピーカ  $sp1$ ,  $sp2$  から再生される。一対のスピーカ  $sp1$ ,  $sp2$  から再生される音は、両耳へのクロストークがキャンセルされて、所望の位置(左後方120度)に音源があるように音像定位して、聴取者(例えば、ゲーム操作者)Mに聞かれ、極めて現実感に満ちた音として再生される。また、コンボルバ1, 2の係数は、ゲーム装置の場合では、操作者Mの操作に応じた飛行機の動きに対応するように、メインCPUからの音像定位命令によって、随時切換えられる。また、飛行音からミサイル音に変更される時は、音源からのソース音が、セクタ5で飛行音からミサイル音に変更される。このようにして、本音像定位制御装置によれば、所望の種類の音像を所望の任意の位置に定位させることができるので、正面に映像再生装置(例えば、4台のディスプレイを扇状に並べた映像再生装置DL)などを設置してゲーム画面と共に音響再生すれば、操作者Mの操作に応じて画面と音像が変化して、極めて臨場感が高いアミューズメントゲーム機を構成できる。

【0027】また、スピーカ  $sp1$ ,  $sp2$  の開き角(図1の  $sp1-M-sp2$ )は、コンボルバの係数算出時に基準とした開き角であり、本実施例では、左右に30度づつ、60度の開き角を有する場合を例とした。これに加えて、図1中に示すように、左右に15度づつ、30度の開き角を有するシステム構成に対応するよ

うにしても良い。この場合には、係数ROM3に、開き角30度用の12組の係数群と、開き角60度用の12組の係数群とを記憶させておき、さらに、スピーカ設定の状態(システム情報)を制御手段4に入力して、実際の再生システムに応じた係数群を選択するように構成しておくとも良い。さらに、コンボルバの係数は、HRTFの測定条件により異なるので、この点について配慮しても良い。人頭の大きさには個人差があるので、HRTF測定時に、ダミーヘッド(または人頭)の大きさを変えて、数種類求めておき、聴取者に応じて(例えば、頭の大さい大人用と、頭の小さい子供用とを)選択的に使用できるようにしても良い。この場合も、聴取者の状態(システム情報)を制御手段4に入力して、実際の状態に応じた係数群を自動的に選択するように構成しておくとも良い。

【0028】続いて、上記実施例を基本とした他の実施例を説明する。以下の実施例において、実施例1と共通な構成部分については、同一の符号を付してその説明を省略している。さらに、聴取者Mを中心とした一対のスピーカ  $sp1$ ,  $sp2$  によるシステム構成も、前記した実施例1と同様なので省略し、要部のみを示している。

【0029】(実施例2)この実施例2は、外部から、音源(データ)や係数を音像定位制御装置内のRAMに転送自在としたもので、音像定位制御の評価装置やシステム構成に応じて最適な係数で音像処理する装置に適した例である。図2において、9はインターフェイス10を介して、外部からロードされるコンボルバの係数群  $cfLx$ ,  $cfRx$  を記憶するRAMである。11はジョイントスティックなどで構成された入力手段で、所望の音像定位位置や音源を指定入力するためのものである。さらに、音源XV(例えば、PCM音データを再生するPCM音源)には、インターフェイス10を介して、音源用のデータが外部入力されるように構成されている。なお、前記コンボルバの係数群、音源用のデータなどは、外部のコンピュータやCD-ROMなどの記憶装置からロードされるものである。

【0030】一方、装置で処理したい音像定位位置や音源は、入力手段11(またはインターフェイス10を介して外部装置)から、制御手段4に入力され、一連の手順として記憶されて処理される。制御手段4は、入力された手順にしたがって音源を選択してコンボルバ1, 2に供給すると共に、音像定位位置に応じた係数をRAM9から読み出してコンボルバ1, 2に設定する。なお、ここでコンボルバ1, 2の具体的な構成例を説明する。コンボルバ1, 2は、内部に畳み込み演算係数用RAMを具備した非対称なFIR(Finite Impulse Response)型フィルタとして、DSP(Digital Signal Processor)などにより実現したものである。制御手段4により供給される係数は、バッファ12, 13に一時的に記憶されて、コンボルバ1, 2によって読み出される。制

御手段4は、バッファ12, 13からの信号により、バッファ12, 13に書き込んだ係数が、コンボルバ1, 2によって読み出された状態になったことを確認して、次の係数を順次バッファ12, 13に書き込む。バッファ12, 13を介することにより、制御手段4は係数の供給処理だけでなく、他の処理も効率良く実行できる。なお、コンボルバ1, 2の係数が長く、かつ、瞬時の係数切換えが必要な場合には、コンボルバ1, 2内の演算係数用RAMを2系統設けてバンク切換え（一括切換え）したり、バッファ12, 13を2系統設けて切換え

【0031】このように構成された音像定位制御装置は、コンボルバの係数群 $cflx$ ,  $cfrx$ を実施例1のように、ROMに固定的に設けず、外部から係数RAM9にロードするように構成してあるので、コンボルバの係数群の変更が容易にできる。したがって、前記④～⑤により算出されたコンボルバの係数群 $cflx$ ,  $cfrx$ を入力して、実際に音像定位させて、測定算出したコンボルバの係数を容易に評価できる。さらに、システム構成（スピーカの配置位置、聴取者の状態）により異なる係数群を多数組、CD-ROMなどの大容量の記憶媒体に準備しておき、最も適した係数群をロードして音像定位させることもできる。また、バージョンアップによる係数の変更も容易である。

【0032】（実施例3）この実施例3は、音源からの信号をゲインコントロールしてからコンボルバに供給するように構成したもので、処理信号のオーバーフローの防止、音像の距離間の制御を目的とするものである。図3において、音源XMは、例えばMIDI (Musical Instrument Digital Interface) 信号による音源であり、外部装置OMからMIDIデータとして、音源制御データと音像定位データが供給されている。外部の音源XMでは、復調した音源制御データにもとづいて音響信号を送出すると共に、MIDIデータをそのまま制御手段4に送出する。制御手段4は、MIDIデータから音像定位データにもとづいた音像定位命令、及び後述する音源レベルを復調する。さらに、音源XMとコンボルバ1, 2との間には、ゲインコントロール手段（ゲイン調整手段、例えば可変アッテネータ）14が介装されている。制御手段4は、音源XMからの音像定位命令に従って、係数を上記実施例と同様に設定すると共に、音源レベルに応じてゲインコントロール手段14を制御しゲイン調整する。ゲイン調整は、一対のコンボルバ1, 2（左右のスピーカに対応）ごとに調整可能である。

【0033】このよう構成して、選択された音源の出力レベルが高い場合には、音源からの信号のレベルを低くしてコンボルバ1, 2に供給すれば、畳み込み演算処理時のオーバーフローを防止し、音質の劣化を防ぐことができる。このとき、係数のレベル及びレベル変化に適応したゲインの値（例えば、係数算出時のスケーリング係

数に応じた値）を予め係数と共に係数ROMに準備しておき、それにもとづいて精密にゲイン制御するようにしても良い。

【0034】また、ゲインコントロール手段14でゲイン調整し、音像の距離間を制御することも可能である。音像を近くに定位させたい時はゲインを大きくし、音像を遠くに定位させたい時は、ゲインを小さく制御する。音像定位命令より、音源の種類、音像定位の角度位置と共に、音像定位の距離間も指定するようにして、ゲイン調整すれば、より臨場感を増加させることができる。このとき、音像定位の角度に応じて異なるゲイン値をコンボルバの係数データと共に予め測定して係数ROMに準備しておき、これを利用して音像定位の距離を精度良く制御しても良い。さらに、ゲインコントロール手段14により、コンボルバ1, 2に供給される信号のレベルに差を持たせて、音像定位位置、定位感、定位の幅などを微妙に調整しても良い。

【0035】（実施例4）この実施例は、一対のコンボルバを複数組（2組）設けた例で、音像の定位位置を瞬時に切換えたい場合や、複数の音像を異なる位置に同時に定位させたい場合に適した例である。図4（A）に示すように、この音像定位制御装置では、一対のコンボルバとして、第1のコンボルバ1, 2と、第2のコンボルバ16, 17が併設されている。第1のコンボルバ1, 2と、第2のコンボルバ16, 17とからの処理出力は、セレクト18, 19により連動して切換えられ、一対のスピーカ（図示せず）から再生されるように構成されている。

【0036】前記第1のコンボルバ1, 2と前記第2のコンボルバ16, 17には、制御手段4よって、音像定位命令にしたがったそれぞれ異なる定位位置の係数が供給されており、その係数に応じた畳み込み演算出力が前記セレクト18, 19に出力されている。そして、切換えのタイミングに応じて、制御手段4がセレクト18, 19を制御して、第1のコンボルバ1, 2と第2のコンボルバ16, 17とが瞬時に切換えられる。このように構成すれば、コンボルバ1, 2の係数が長い場合でも、瞬時に音像定位位置を変更できる。

【0037】また、図4（B）に示すように、第1のコンボルバ1, 2と前記第2のコンボルバ16, 17とに、異なる2種類の音源X, X'を供給し、畳み込み演算出力を左右をそれぞれ混合して、一対のスピーカ（図示せず）から再生するように構成しても良い。このように構成すれば、2つの音像を異なる位置に同時に定位させることができる。なお、音源X, X'からの信号をゲインコントロールしてから、第1のコンボルバ1, 2と第2のコンボルバ16, 17とに供給して、音像定位感に変化をつけても良い。

【0038】（実施例5）この実施例5は、一対のコンボルバ1, 2からの出力を加算して再生する補助スピー



13

カを設けて、正面位置の音像定位を明確にしたものである。図5に示すように、この音像定位制御装置では、一対のコンボルバ1, 2の出力を加算スイッチ20で加算して、この加算出力を一対のスピーカsp1, sp2の間(聴取者Mの正面位置)に配設した補助スピーカsp3で再生するように構成したものである。加算出力は、加算スイッチ20を介してスピーカに供給されている。スイッチ20は制御手段4によりON/OFFされる。通常はOFFとされ、例えば音像定位位置が正面位置または正面に近い位置の時にはONとされて、一対のコンボルバ1, 2の加算出力が補助スピーカsp3から再生される。

【0039】このように構成すれば、正面位置または正面に近い位置に音像を定位させる時に、正面位置の補助スピーカsp3からも再生信号が出力されるので、音のなか抜けがなく、正面位置の音像定位が明確になり、定位を感じる範囲も広がる。また、図5の構成とは反対に、補助スピーカsp3を後方中央に設けて、音像定位位置が後方中央位置または後方中央に近い位置の時に加算スイッチ20をONとして、一対のコンボルバ1, 2の加算出力を補助スピーカsp3から再生しても良い。なお、スイッチ21に代えてアッテネータを設けて、単なるON/OFFだけでなく、補助スピーカsp3からの再生音量、加算の割合などを制御しても良い。

【0040】(実施例6)この実施例は、左右一対のコンボルバを構成するそれぞれのコンボルバを2個で構成すると共に、2個のコンボルバからの出力をクロスフェード処理するように構成した例であり、離散的な音像定位位置を連続的に変化させる場合や、係数の切換え時に発生しやすいノイズの防止に適した構成である。図10に示すように、この音像定位制御装置では、一対のコンボルバとして、第1のコンボルバ24R, 24Lと、第2のコンボルバ25R, 25Lの2組が併設されている。つまり、第1の実施例(図1)で示した一対のコンボルバ1, 2と比較して、左(L)用のコンボルバ1は2個のコンボルバ24L, 25Lで構成され、右(R)用のコンボルバ2は2個のコンボルバ24R, 25Rで構成されている。

【0041】第1のコンボルバ24R, 24Lと、第2のコンボルバ25R, 25Lには、音像定位位置の異なる2組の係数が書き込まれて、畳込み演算処理されるように、同一の音源Xに接続されている。さらに、フェーダ(可変アッテネータ)21L, 22L及び加算手段23Lで出力L用のクロスフェード手段が構成され、フェーダ(可変アッテネータ)21R, 22R及び加算手段23Rで出力R用のクロスフェード手段が構成されている。そして、コンボルバ24R, 25Rからの処理出力はフェーダ(可変アッテネータ)21R, 22Rに入力され、コンボルバ24L, 25Lからの処理出力はフェーダ(可変アッテネータ)21L, 22Lに入力されて

14

いる。そして、コンボルバ24R, 25Rからの処理出力は、フェーダ21R, 22R, 加算手段23Rでクロスフェード処理され、コンボルバ24L, 25Lからの処理出力はフェーダ21L, 22L, 加算手段23Lでクロスフェード処理される。最終的には、このようにクロスフェード処理された左右の出力(L, R)が、一対のスピーカ(図示せず)から再生される。

【0042】上記のように構成された音像定位制御装置において、音像定位位置の変更時(すなわち、係数の変更切換え時には)、前記第1のコンボルバ24R, 24Lと、第2のコンボルバ25R, 25Lに、音像定位命令に従ったそれぞれ異なる定位位置の係数(切換え前後の係数)が制御手段4によって供給されて、その係数に応じた畳込み演算出力が前記フェーダ21R, 22R, フェーダ21L, 22Lに出力される。さらに、制御手段4からのクロスフェード制御信号により、切換え前後の畳込み演算出力がクロスフェード処理されて再生される。

【0043】この点を詳述すると以下の通りである。図11はクロスフェード処理のタイミングを説明する図である。例えば、現在60度の位置に音像定位処理している状態から90度の位置に音像定位処理している状態へ移行する場合を例とする。一方のコンボルバ、例えば第1のコンボルバ24R, 24Lは、60度用の係数が供給されて動作中であり、他方のコンボルバである第2のコンボルバ25R, 25Lは非動作中である。この状態で、60度の位置から90度位置への音像定位位置の切換え命令が制御手段4にあると(同図(A)参照)、制御手段4は90度用の係数を第2のコンボルバ25R, 25Lに供給する(同図(B)参照)。さらに、制御手段4から、フェーダ21R, 22R, フェーダ21L, 22Lにクロスフェード制御信号が出力される(同図(C)参照)。

【0044】そして、クロスフェード制御信号に応じて、フェーダ21R, 21L, フェーダ22R, 22Lが同図(D)及び(E)のように動作して、第1のコンボルバ24R, 24Lの出力がフェードアウトされ、第2のコンボルバ25R, 25Lへの出力がフェードインされて、第1のコンボルバ24R, 24Lから第2のコンボルバ25R, 25Lへクロスフェードしながら切換えられる。数十msの時間をかけて、クロスフェードしながら切換えれば、切換えノイズが発生することなく、係数を切換えて音像定位位置を変更できる。また、クロスフェードの時間は、クロスフェード制御信号と共に、各動作毎に異なる最適な時間を送出して制御するようにしても良い。このようにすると、離散的な音像定位位置(例えば、60度の位置と90度位置)の間を、連続的に変化させることもできる。

【0045】以上の各実施例1~5において、再生のためのトランスジューサとして、一対のスピーカsp1,

s p 2 のかわりにヘッドホーンを用いることもできる。この場合は、H R T F の測定条件が異なるので、係数を別に準備して再生状況に応じて切換える。

【0046】なお、各実施例で説明した、離間して配設された一対のトランスジューサ（スピーカ）から同一の音源が供給された一対のコンボルバで処理した信号を再生する構成は、音像定位の効果をを得るための最小限の構成を示すものである。よって、実施例4、5のように、必要に応じては、一対、すなわち、2つ以上のトランスジューサ及びコンボルバを追加構成しても良いことはもちろんであり、さらに、コンボルバの係数が長い場合などには、係数を分割して複数個のコンボルバで構成しても良い。

【0047】また、コンボルバの係数群として、 $\theta = 0$  度～180度までの半円部（図8参照）のみを係数R O M に準備し、残りの半円部については、係数の左右対称性を利用して、コンボルバに係数を供給するように構成しても良い。

【0048】以上詳述したように、本発明になる音像定位制御装置によれば、一対のコンボルバにより音源からの信号を時間軸上で処理して音像を定位させるようにしたので、実際に音像処理をする回路としては、時間軸上での畳み込み演算処理回路（コンボルバ）が一対必要となるだけであり、回路規模が非常に小さく安価なものとなる。つまり、前述した従来の方法のように、音源からの信号をF F T変換して、周波数軸上で処理して再び逆F F T変換して再生する複雑な回路を用いる必要がない。

【0049】また、前記コンボルバの音像定位処理の係数を、最終的には時間軸上のI R（インパルス応答）のデータとしたので、コンボルバの係数の数を少なくして回路規模を小さくすることができる。すなわち、従来の装置のように、周波数軸上のレベル差と位相差としてのデータとして近似する場合と比較して、前述した①～⑤における係数算出処理により、H R T F を正確にかつ効果的に近似処理することができ、音像定位感を損なうことなく係数が短くなる。したがって、多くの音像定位位置に対応した係数を備えることができる。

【0050】つまり、長さがおさえられ短くなったコンボルバの係数を、360度の広範囲にわたる各音像定位位置の伝達特性として備え、指定された音像定位位置に応じて、係数（伝達特性）をコンボルバに供給設定して、音像定位処理するようにしたので、360度の広範囲に、自由に音像を定位させることができ、その定位感も明確である。すなわち、前述した従来の装置のように、3時方向と9時の方向（正面から左右に90度の位置方向）の伝達特性のみ備えて、正面位置での再生音と3時方向（または9時の方向）での定位再生音とを実質的にパンポット処理して、音像定位させる簡易な疑似的な構成と異なり、定位位置の制限や定位感の曖昧さがまったくな

い。

【0051】また、指定された音源を複数の音源から選択して一対のコンボルバに供給する音源選択手段を設けたものでは、所望の種類の音像を所望の任意の位置に定位させることができるので、例えば、正面にディスプレイなどを設置してゲーム画面と共に音響再生すれば、操作に応じて画面と音像が変化して、極めて臨場感が高いアミューズメント・ゲーム機を構成できる。

【0052】また、キャンセルフィルタ用係数群を保持する記憶手段を読み書き自在な記憶手段で構成して、外部から係数群を記憶手段に転送するようすれば、音像定位制御の評価装置やシステム構成に応じて最適な係数で処理する装置に適する。

【0053】また、システム構成される音像定位制御装置のシステム情報を入力する手段を有するものでは、構成されたシステムに応じた最適な係数群が選択されて音像定位制御されるので、音像定位感が良い。

【0054】また、ゲイン調整手段を設けたものでは、音源からの信号をゲインコントロールして、処理信号のオーバーフローを防止したり、音像の距離間を制御できる。

【0055】また、一対のコンボルバを複数組設けたものでは、音像の定位位置を瞬時に切換えたり、複数の異なる音像を異なる位置に同時に定位させることができる。

【0056】また、一対のコンボルバで処理された信号を加算する加算手段を設けたものでは、補助スピーカで加算出力を再生して、特定位置の音像定位を明確にすることができる。

【0057】また、左右一対のコンボルバを構成するそれぞれのコンボルバを2個で構成して、2個のコンボルバからの出力をクロスフェード処理して係数を切換えるようにしたものでは、係数の切換え時に発生しやすいノイズの防止でき、また、離散的な音像定位位置を連続的に変化させることもできる。

【0058】なお、図10に示したようなクロスフェードのためのフェーダ21L、22Lなどを、コンボルバ24L、25Lなどの後ろに設けた構成に限るものではない。例えば、フェーダ21L、22Lをコンボルバ24L、25Lの前に設け、コンボルバ24L、25Lの出力を加算手段23Lに供給するように構成し、クロスフェード処理するようにしても良い。

【0059】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明になる音像定位制御装置によれば、一対のコンボルバにより音源からの信号を時間軸上で処理して音像を定位させるようにしたので、実際に音像処理をする回路としては、時間軸上でのコンボルバ（畳み込み演算処理回路）が必要となるだけであり、D S P が利用でき、回路規模が非常に小さく安価なものとなる。さらに、前記コンボルバの音像

定位処理の係数データを、最終的には時間軸上のIR（インパルス応答）のデータとしたので、HRTFを正確にかつ効果的に近似処理することができる。よって、近似処理された短いコンボルバの係数により、全ての音像定位位置（360度）の伝達特性を装置に備えることができ、どの音像定位位置に対しても、理論的かつ実践的に裏付けられた最適な伝達特性で音像処理される。したがって、360度の広範囲にわたり、自由に音像を定位させることができ、その定位感も明確である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明になる音像定位制御装置の一実施例を示す図で、基本的な構成図である。

【図2】第2の実施例を示す構成図である。

【図3】第3の実施例を示す構成図である。

【図4】第4の実施例を示す構成図である。

【図5】第5の実施例を示す構成図である。

【図6】音像定位制御の基本原理を示す構成図である。

【図7】HRTF（頭部伝達関数）の測定システムを示す構成図である。

【図8】HRTF測定のポイントを説明する図である。

【図9】キャンセルフィルタの算出例を説明する図である。

【図10】第6の実施例を示す構成図である。

【図11】第6の実施例における、クロスフェード処理のタイミングを説明する図である。

#### 【符号の説明】

1, 2 一対のコンボルバ（第1のコンボルバ）

3 係数ROM3

4 制御手段（係数供給手段、CPU）

5 セレクタ（音源選択手段）

9 係数RAM

12, 13 バッファ

14 ゲインコントロール手段（ゲイン調整手段）

16, 17 一対のコンボルバ（第2のコンボルバ）

18, 19 セレクタ

20 加算スイッチ

21R, 22R, 21L, 22L フェーダ

23R, 23L 加算手段

24R, 24L, 25R, 25L コンボルバ

sp1, sp2 スピーカ

sp3 補助スピーカ

h1L, h1R スピーカsp1から受聴者左右耳までの頭部伝達特性

h2L, h2R スピーカsp2から受聴者左右耳までの頭部伝達特性

pLx, pRx 目的とする定位位置xに実際のスピーカを配置したときの受聴者左右耳までの頭部伝達特性

cflx, cfrx キャンセルフィルタ（コンボルバ）及びその係数

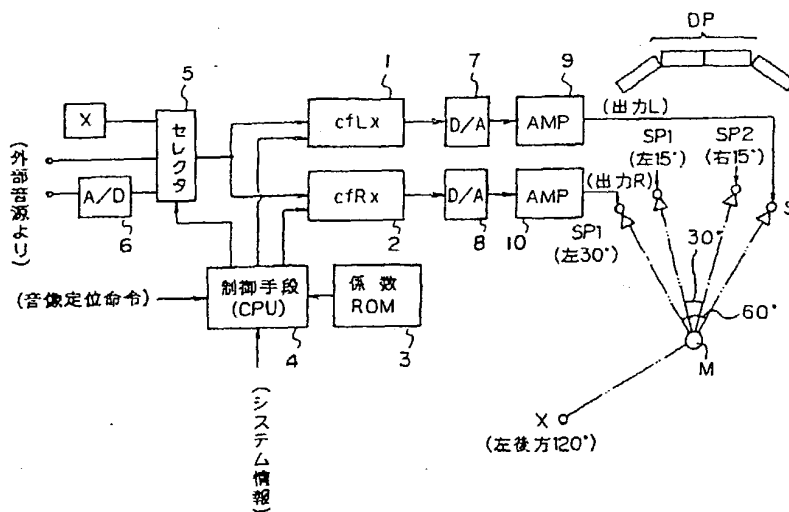
DM グミーヘッド（または人頭）

M 聴取者（ゲーム操作者、受聴者）

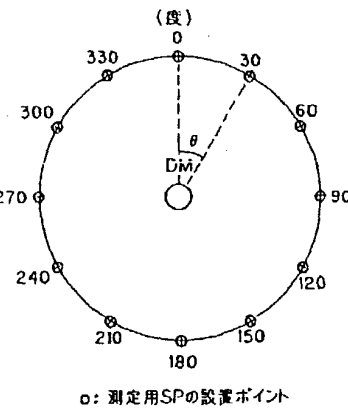
X, X', XV 音源

x 目的とする音像定位位置

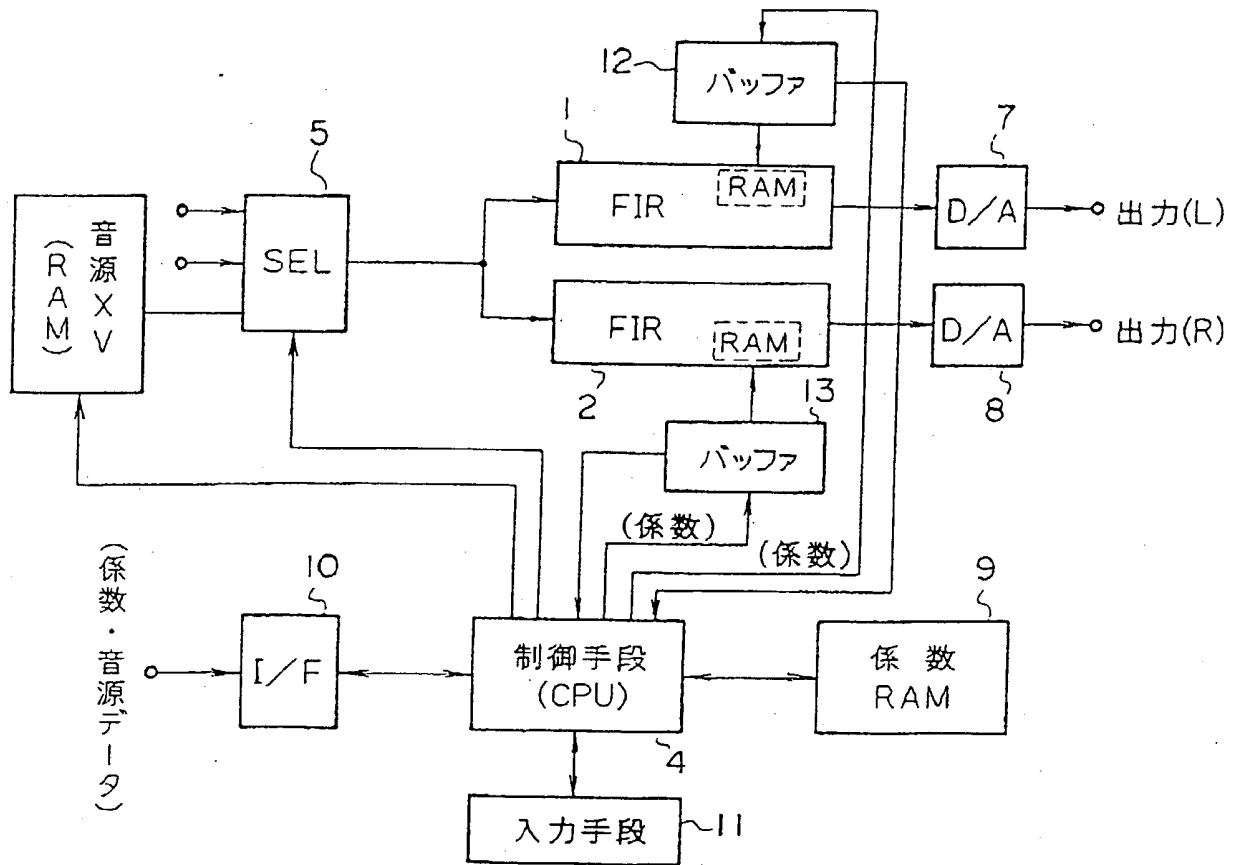
【図1】



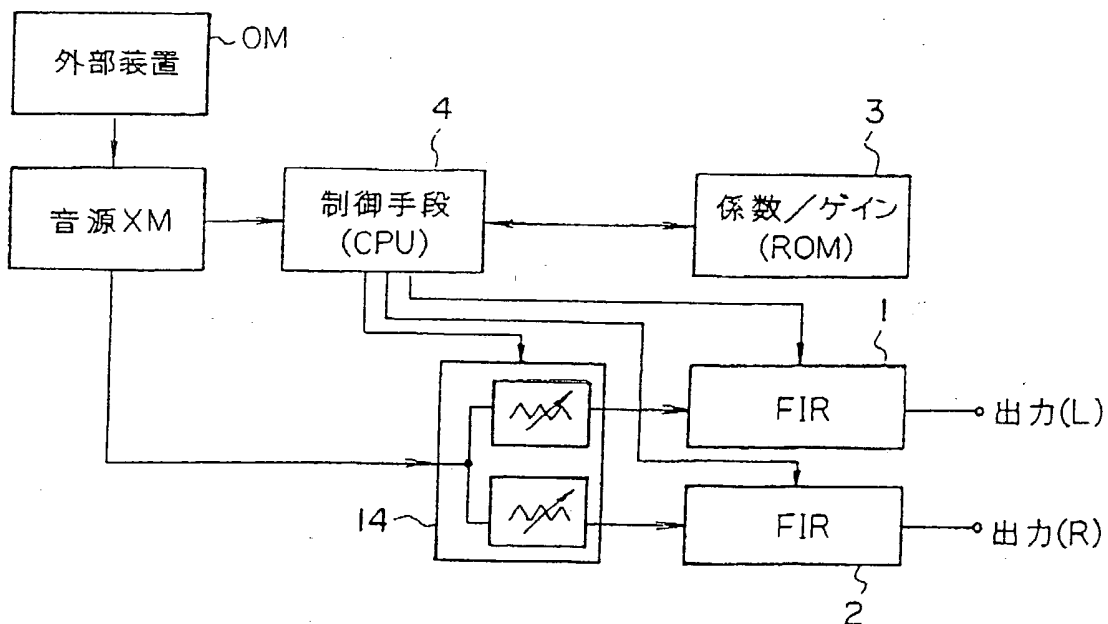
【図6】



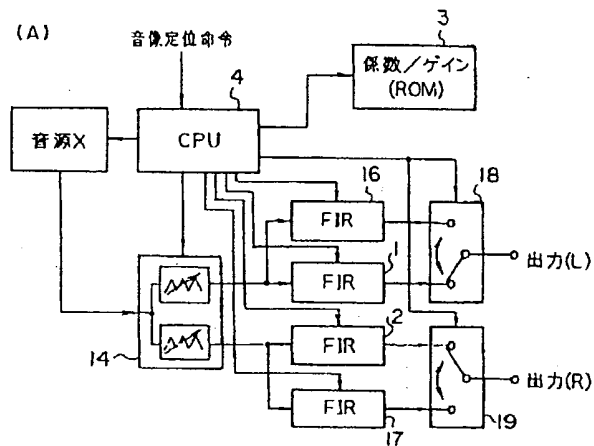
【図2】



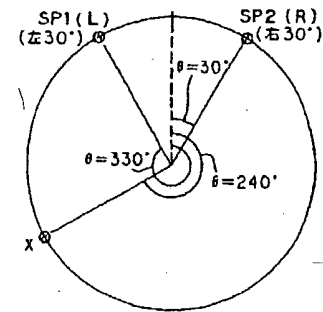
【図3】



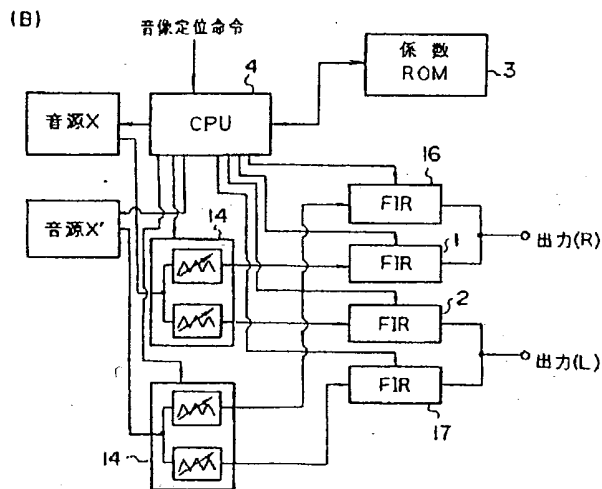
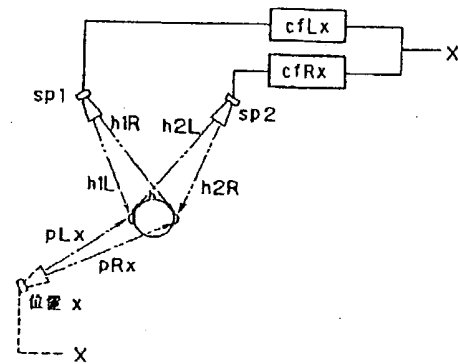
【図4】



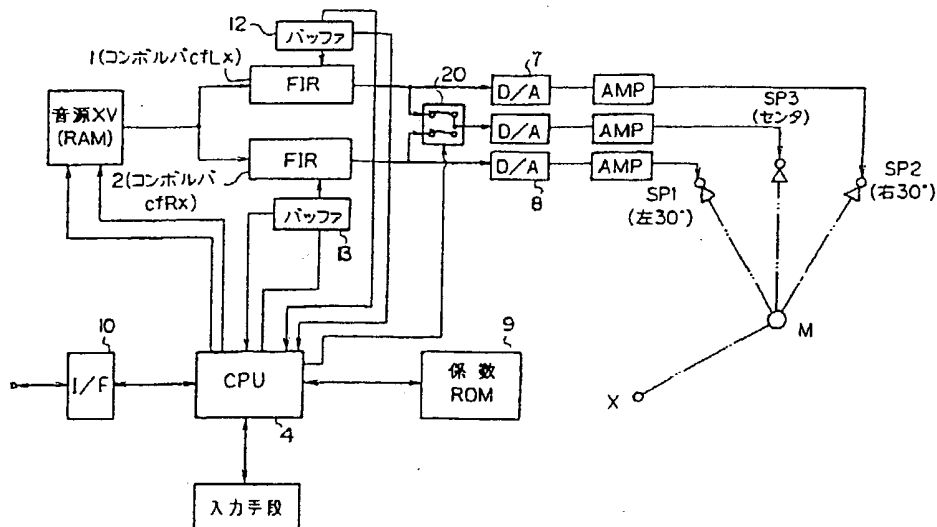
【図7】



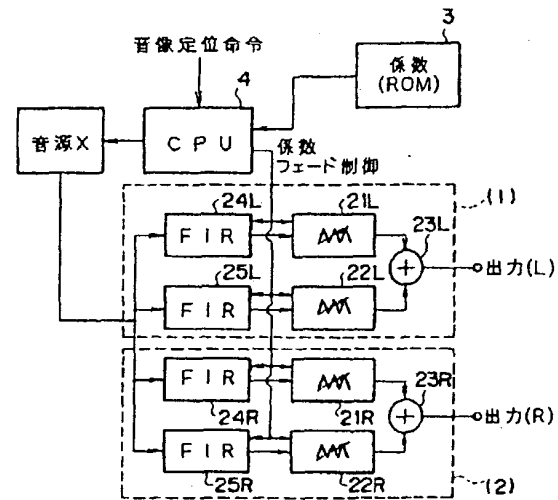
【図8】



【図5】



【図 10】



(A) 音像定位位置切り換え命令

(B) 新たな係数を供給

(C) クロスフェード制御信号

(D) フェーダ21R, 21L (フェードアウト)

(E) フェーダ22R, 22L (フェードイン)

max

min

max

min

クロスフェード時間

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 H 21/00		7037-5 J		
H 0 4 R 1/40	3 1 0			
// G 0 6 F 15/31		A 7343-5 L		

(72) 発明者 鈴木 琢磨  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 12 番  
地 日本ビクター株式会社内

(72) 発明者 松本 光雄  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 12 番  
地 日本ビクター株式会社内